

El rol del sector forestal en la lucha contra la desertificación en la altura

Forestry in the highlands, the challenge of desertification

ROLANDO RODRIGUEZ LEIVA

Corporación Forestal (CONAF) I Región, Arica, Chile.

Although there is no precise overall definition of desertification, the phenomenon is recognized mainly in those countries possessing wide surfaces of arid and semiarid zones.

Desertification is perceived through different means depending on the climatic and ecological characteristics of the region where it manifests itself. The effects on natural resources may be measured with relative facility as well as the disturbances it brings about in rural communities at both economic and social levels.

This paper identifies desertification processes, the causes and consequences of the phenomenon, and indicates the techniques developed by the National Forestry Corporation in the struggle against desertification in highland environments at Parinacota Province.

I INTRODUCCION

No existe una definición global y precisa acerca del fenómeno de la desertificación, aunque éste es reconocido mundialmente, sobre todo en aquellos países que poseen vastas superficies de zonas áridas y semiáridas.

Dicho fenómeno es percibido de distintas maneras, dependiendo de las características ecológicas de la zona en donde se manifiesta. Pero las perturbaciones de orden económico y social que provoca en las comunidades rurales, y sus efectos en la cantidad y calidad de los recursos naturales, son ampliamente conocidos.

Existe consenso acerca de la definición dada por la Conferencia de las Naciones Unidas para la Desertificación (Ben Salem, 1984), que define este fenómeno como "la disminución o la destrucción del potencial biológico de la tierra, que conduce finalmente a la aparición de condiciones desérticas. Este fenómeno es uno de los aspectos de la degradación generalizada de ecosistemas bajo continua presión de condiciones climáticas adversas y caprichosas y de una explotación excesiva".

A partir de esta definición se intentaron identificar los fenómenos de desertificación asociados a los ambientes de

altura en la I Región de Tarapacá de Chile, los que se localizan en zonas definidas por las unidades orográficas de Precordillera y Altiplano, por sobre los 3.000 m de altitud.

En el presente trabajo se aborda la temática comentada, identificando los procesos de desertificación y las causas y efectos del fenómeno, para comentar, en última instancia, las técnicas desarrolladas por la Corporación Nacional Forestal en la lucha contra la desertificación en los ambientes de altura.

II LOS PROCESOS DE DESERTIFICACION

Los ambientes de altura en la I Región poseen características generales inherentes a los ecosistemas áridos, los cuales condicionan los procesos de desertificación. Dichas características, que son previas para conocer los procesos de desertificación, son las siguientes:

- a) Variaciones estacionales extremas con estaciones secas prolongadas entre 9 a 10 meses, a las que sigue una estación lluviosa de corta duración de no más de 2 a 3 meses.
- b) Fuertes variaciones en los montos de precipitación y en los regímenes pluviométricos. Del análisis de una serie

de 18 años de precipitación de las Estaciones Meteorológicas de Parinacota y Chapiquiña, la primera localizada en Altiplano y la segunda en Precordillera, se observan medias de 368,1 y 177,4 milímetros, respectivamente. No obstante, presentan un coeficiente de variación de 61% y 28%, lo que refuerza la idea de la gran variabilidad en el monto interanual de las precipitaciones.

c) Fragilidad de los ecosistemas de altura cuando se someten a una explotación irracional de la tierra. Tales ecosistemas presentan formas biológicas muy especializadas respecto de su lenta adaptación al clima y el suelo. Las plantas revelan bajas densidades o fitomasa, por precaria evolución de los suelos.

La destrucción de la cubierta vegetal suele ser seguida de degradación física como consecuencia de la actuación de procesos de erosión hídrica y eólica, lo que revela la nula o baja capacidad de respuesta a estas presiones del medio ambiente natural.

d) Salinización y alcalinización de los suelos por efectos de la evaporación rápida e intensa del agua presente en el suelo. Estos procesos pueden implicar la eliminación de la vegetación y la modificación de la agregación de las partículas del suelo, afectando la productividad de éstos.

A continuación se hace un breve análisis de los procesos de desertificación, en los cuales influyen las características enunciadas precedentemente. Para tal efecto se escogió un área rectangular de 73 km², en parte de la subcuenca del río Tignamar en la zona de Precordillera, dentro de la provincia de Parinacota de la I Región. En dicha área, representada en la Fig. N° 1, se han identificado los procesos, los que consisten en la respuesta del medio físico a las diversas presiones climáticas y antrópicas, cuya condición final es la presencia de distintos grados de degradación específica o erosión:

a) Fenómenos erosivos ocasionados por la acción de aguas corrientes. Consisten

en procesos de erosión de manto, presentándose 4 fases distintas dentro del área bajo análisis de la Fig. N° 1:

CORPORACION NACIONAL FORESTAL
I REGION TARAPACA
DEPTO. TECNICO

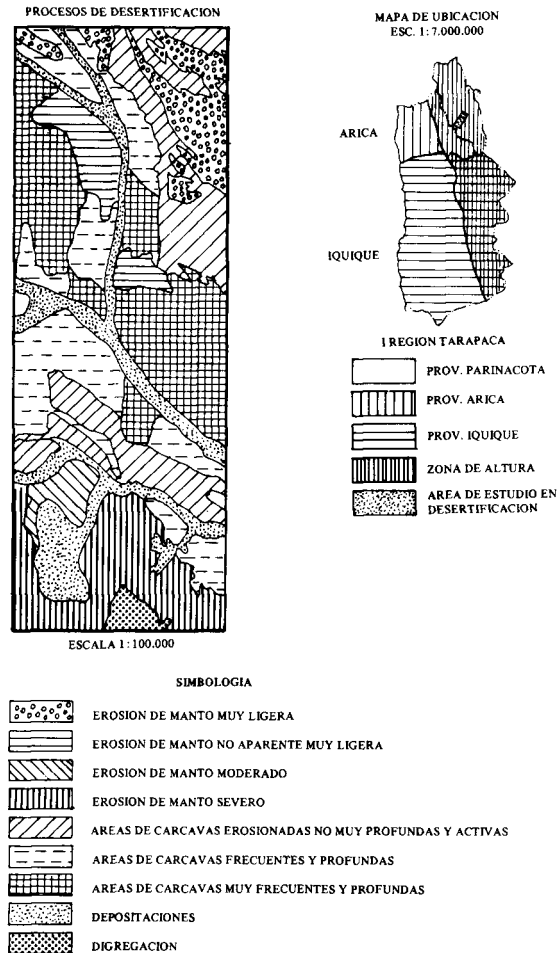


Fig. 1: Ubicación del área de estudios e identificación de procesos de desertificación.

- Erosión de manto muy ligera: Corresponde al 8,1% del área. Presenta surcos de erosión pequeños y distribuidos en forma desordenada. Se observa en rocas riolíticas (volcánicas) relativamente resistentes y obedece a fenómenos naturales.
- Erosión de manto no aparente muy ligera: Presenta disecciones en la superficie, derivadas de procesos morfológicos del Cuaternario. Es común en rocas andesíticas resistentes y cubre un 6,3% del área.

- Erosión de manto moderado: En las zonas afectadas por este proceso, se observa la presencia del subsuelo por deslizamiento de los horizontes superiores del suelo. En general, existe pavimento de clastos, con remoción de partículas más finas; ocurre en laderas de pendientes moderadas y obedece a fenómenos naturales de escurrimiento en manto. Estos procesos se acentúan ante la falta de protección de la vegetación al suelo. Cubre el 2,5% del área.
 - Erosión de manto severa: Es común observar en esta fase, subsuelo y material de origen visibles en gran parte de la superficie. Se presentan incisiones y cárcavas en pendientes fuertes, las que se activan ante la ocurrencia de precipitaciones intensas. En pendientes fuertes, el medio se hace vulnerable a la remoción de partículas de suelo por las partículas de agua del manto. Se asocian estos fenómenos a áreas de relieve irregular de edad Mesozoica y ocupa un 12,7% del área.
- b) Fenómenos erosivos lineales: Están presentes en zonas que responden a la degradación mediante la erosión en surcos y cárcavas, presentando tres fases diferenciadas entre sí:
- Areas de cárcavas erosionadas: No muy profundas y activas. Se denominan comúnmente "regueros", correspondiendo a un fenómeno de erosión lineal por aguas corrientes. Ocurren en depósitos terciarios de piedmont, constituidos por clastos de granulometría heterogénea sin cemento. Ocupan el 17,7% del área.
 - Areas de cárcavas frecuentes y profundas: Corresponde a zonas con cárcavas activas, con distanciamiento entre 20 a 30 metros. Estos fenómenos ocurren en depósitos terciarios de piedmont y abarcan un 20,7% del área.
 - Areas de cárcavas muy frecuentes y profundas: Estas zonas se conocen como "badland", en las cuales las cárcavas activas cubren totalmente la zona. Se presentan en depósitos

de piedmont, aunque el fenómeno de encarcavamiento se ve acentuado sobre los depósitos no cementados y por una mayor pendiente. Estas zonas cubren un 21,7% del área.

- c) Depositaciones: Corresponden a depósitos aluviales recientes que consisten en sedimentos de variados tipos, observándose una mayor presencia de gravas, arenas y arcilla. Ocupan un 9,3% del área.
- d) Disgregación: Se representa en una superficie que corresponde al 1% del área bajo análisis. Ocurren procesos de alveolización intensos, debido a la humedad diferencial entre el interior y el exterior de las rocas, fundamentalmente de naturaleza riolítica.

III LAS CAUSAS Y EFECTOS DE LA DESERTIFICACION

Causas

El fenómeno de la desertificación es la respuesta a la serie de presiones a las cuales se someten los diversos ecosistemas presentes en los ambientes de altura. Las causas, que interactúan simultáneamente acentuando la degradación biológica y física del medio ambiente, se enuncian y discuten brevemente a continuación:

- a) Fluctuaciones climáticas: Las características geográficas de la región andina hacen que ésta sea propicia para la ocurrencia de fenómenos climáticos que desencadenan una serie de procesos, como los ya descritos, los que contribuyen a acelerar la desertificación. Entre estos fenómenos climáticos destacan principalmente las sequías episódicas. Aunque no existen estudios científicos profundos acerca de las sequías en estas regiones, se puede afirmar que de forma empírica se ha llegado a la conclusión de que cada seis o siete años se registra este fenómeno.
- b) Sobrepastoreo: En las praderas andinas se producen diversos cambios en

orientación progresiva o retrogradativa. Estos cambios se traducen en diferentes estados en la secuencia sucesional; tales estados se conocen como la condición de una pradera, y la orientación ecológica que presenta se conoce como tendencia. La condición de una pradera puede ser excelente, buena, regular o mala, en una etapa de sucesión, según la proporción de especies decrecientes, crecientes e invasoras que están componiendo las comunidades pratenses. (Gastó, 1980).

Diversos antecedentes disponibles (Laniño, 1977; De Carolis, 1982; Troncoso, 1982, entre otros) indican que las praderas altiplánicas a causa del permanente sobrepastoreo se han degradado, traducándose en una disminución de la participación de especies tales como la *Deeyeuxia crysantha*, *Werneria spathulata*, *Werneria pinnatifida* y *Agrostis sp.* Por tanto, invaden las comunidades especies de bajo valor tales como *Oxychloe andina*, *Distichia muscoides*, *Scirpus sp.*, *Carex incurva*, *Festuca rigescens* y *Deeyeuxia curvula*.

El fenómeno de sobrepastoreo se ve acentuado, además, por la presencia de animales inapropiados para las regiones de altura, tales como asnales, equinos, mulares y cerdos, los que arrancan las plantas de raíz dejando el suelo desnudo y produciendo erosión mediante el pisoteo.

En síntesis, las praderas altiplánicas en su estado actual presentan síntomas de condición aparentemente pésima y con una tendencia retrogradativa. Esta última se debe también a la falta de agua corriente, que permita la buena oxigenación de plantas y del suelo y al lavado de sales (Troncoso, 1982).

c) Deforestación: El Estado ha tratado de proteger diversas especies, en particular las leñosas, de la corta indiscriminada, pero siempre ha primado la necesidad de proveer leña para las comunidades rurales que la requiere como recurso energético. En particular, han sufrido tala indiscriminada las especies de Llaretá (*Azorella compacta*), Queñoa (*Polylepis tarapacana*

y *Polylepis tomentella*) y diversos tolares (*Bacharis spp.*, *Parastrephia spp.*, *Fabiana spp.*, etc.). Sin embargo, estas especies cumplen un rol importantísimo, ya que cuando las lluvias altiplánicas son intensas mejoran la intercepción de las precipitaciones y las posibilidades de almacenamiento del suelo, por lo que su ausencia acelera los procesos erosivos.

d) Los sistemas de riego: La necesidad de aumentar las tierras cultivables bajo riego, sin las precauciones necesarias, ha ocasionado una serie de problemas al suelo, tales como salinización y alcalinización. En efecto, malas prácticas de riego o utilización de aguas inaptas provocan una concentración de sales en los horizontes superiores del suelo, con el consiguiente efecto de sequía al aumentar el potencial osmótico negativo del suelo y baja disponibilidad de humedad para las plantas. Por otra parte, el exceso de sales también puede producir toxicidad en las plantas. De este modo se han perdido superficies importantes de bofedales (Estepa Húmeda) en el Altiplano y de tierras cultivables en Precordillera.

Efectos

Evidentemente que las causas mencionadas proyectan una serie de efectos o consecuencias en lo técnico, económico o social en los ambientes de altura, las que se resumen a continuación:

a) Efectos en las tierras de pastoreo: Ya se señaló que, como consecuencia del sobrepastoreo, se genera un cambio en la composición botánica de las praderas, apareciendo especies de escaso valor forrajero.

Por otra parte, se ha intentado, además por intermedio de la Corporación Nacional Forestal, medir los efectos de las sequías sobre las praderas. Para ello se han realizado análisis de datos, medidos periódicamente en una parcela de exclusión de 5.000 m², que incluye todo el gradiente vegetacional de una estepa

húmeda (bofedal), localizada en el lugar denominado Las Cuevas a 4.400 metros sobre el nivel del mar.

El ganado camélido doméstico y silvestre del Altiplano ocupa principalmente las estepas húmedas y áreas adyacentes por ser las de mayor atractivo ganadero. Por lo que básicamente la capacidad de carga animal en el Altiplano está determinada por la capacidad sustentadora de los bofedales y éste se constituye en el mejor indicador de los efectos de las sequías sobre los recursos forrajeros.

El dato básico de la parcela de exclusión analizada corresponde a la fitomasa en pie en dos períodos: en uno considerado normal entre abril y junio de 1981 y en un período de sequía que correspondió de abril a junio de 1983.

En la Tabla 1 se resumen los datos de productividad (kgs. de materia seca/há./año) en un período normal y en uno de sequía, para cada comunidad dentro del bofedal.

Ponderando los valores de productividad de cada comunidad, según su participación en términos relativos, se tienen que para año normal la productividad

alcanza un valor de 5.752,88 kg/há. de materia seca. En cambio, en el período de sequía señalado la productividad alcanzó un valor de 2.039,03 kg/há. de materia seca.

La pérdida de productividad primaria trae consigo una disminución de la capacidad de carga de las praderas altiplánicas, tal como se demuestra en la Tabla 2, para las provincias de la I Región de Tarapacá.

De la Tabla 2 se concluye entonces que la capacidad sustentadora de las praderas, en años de sequía, disminuye en alrededor de un 36%. Obviamente, esta disminución afecta fundamentalmente al ganado y a la fauna silvestre. Por lo tanto, CONAF midió el efecto de la disminución de la productividad primaria en el ganado doméstico y principalmente en crías para un año normal y en sequía. Las tasas de mortalidad en el ganado se muestran en la Tabla 3.

Los antecedentes disponibles (I.N.E., 1980) señalan que el 77,5% de la población de camélidos domésticos corresponde a hembras en edad reproductiva y en el caso de ovinos el 80,7%. Considerando

TABLA 1
Productividad bofedal Las Cuevas en período normal y sequía

Comunidad	Kgs. de materia seca (Hás/año)		Participación de la comunidad
	Año normal	Año c/sequía	%
1. <i>Oxychloe andina</i>	7.623,0	2.256,5	1,28
2. <i>Deyeuxia crisantha</i>	5.825,5	1.055,2	42,31
3. <i>Oxychloe andina</i> , <i>Distichia muscoides</i> , <i>Festuca rigescens</i>	5.667,5	4.000,0	37,61
4. <i>Carex incurva</i> y <i>Werneria pigmaea</i>	962,0	264,8	18,80

TABLA 2
Capacidad carga animal normal y en sequía - I Región

Provincia	Carga animal en año normal			Carga animal en año de sequía		
	Llama-alpaca	Vicuñas	Ovinos	Llama-alpaca	Vicuñas	Ovinos
Iquique	23.775	800	15.369	11.280	16.929	11.971
Parinacota	62.211	14.453	32.348	26.630	39.129	28.260
Región	85.986	15.253	47.717	37.910	56.048	40.231

TABLA 3
Mortalidad neonatal en ganado doméstico normal y en sequía

Especie	Mortalidad neonatal	Mortalidad neonatal
	Año normal (%)	Año sequía (%)
Llamas y alpacas	30 - 40	50 - 60
Ovinos	40 - 60	60 - 70

las poblaciones de camélidos para 1983, las mortalidades en períodos normales y con sequía y el número de pérdidas, teniendo presente que el 50% de las hembras paren, se registran las pérdidas que se indican en las Tablas 4 y 5 para las provincias de Parinacota e Iquique, respectivamente.

Se concluye, por lo tanto, que el efecto de la sequía analizada producirá un aumento de la mortalidad de crías de camélidos domésticos y ovinos en la I Región de Tarapacá, que involucrará a 9.552 animales más de lo normal, lo que representa un incremento del 45%.

Obviamente que los efectos descritos no sólo se producen en el ámbito técnico, sino que tienen enormes repercusiones en lo económico y en lo social.

b) Efectos en las tierras de cultivo: La desertificación en las tierras de uso agrícola bajo riego ocurre cuando se emplean técnicas de riego inadecuadas en suelos que pueden sufrir de salinización progresiva por el uso de aguas con alto contenido salino.

Antecedentes preliminares (Lanino, 1977) que explican esta afirmación se pueden apreciar en la Tabla 6, en la cual se demuestra que existen terrenos de cultivo bajo riego, que con el empleo de tales aguas pueden experimentar problemas de salinización con el tiempo.

Por otra parte, las frecuentes sequías que afectan la zona han ido disminuyendo lentamente la superficie destinada a cultivos bajo riego. Sin embargo, quizás el efecto más importante de la desertificación es la disminución progresiva de la productividad de los suelos. En efecto, antecedentes disponibles (Lanino, 1977; Ramos, 1965) para la quinoa, cultivo practicado en el Altiplano de la provincia de Iquique, indican el efecto de las sequías sobre su productividad y, por tanto, una disminución de las tierras dedicadas a esa agricultura de autoconsumo. En la Tabla 7 se muestran los rendimientos de quinoa para ciertas localidades en período de sequía y en año normal.

TABLA 4
Mortalidad crías normal y en sequía provincia Parinacota

Especie	Crías que nacen (Nº)	Crías muertas año normal (Nº)	Crías muertas año c/sequía (Nº)
Llamas-alpacas	24.106	8.437	13.258
Ovinos	13.052	6.526	8.484

TABLA 5
Mortalidad crías normal y en sequía provincia Iquique

Especie	Crías que nacen (Nº)	Crías muertas año normal (Nº)	Crías muertas año c/sequía (Nº)
Llamas-alpacas	9.213	3.225	5.067
Ovinos	6.201	3.100	4.031
Total Región Tarapacá	52.572	21.288	30.840

TABLA 6

Análisis de suelos bajo riego en sectores andinos

Análisis	Muestras		
	Chapicollo	Cotasaya	Enquelga
C.E. = Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	2,97	0,95	1,58
R.A.S. = Relación absorción de sodio	7,50	2,35	1,31
P.S.I. = Sodio intercambiable (%)	9,80	2,20	0,67
P.P.I. = Potasio intercambiable (%)	11,70	9,90	6,40
S. = Concentración de sales (mg/lt)	33,30	9,86	17,50
Ph	8,20	7,20	6,70

TABLA 7

Rendimiento quinoa año normal y en sequía, Altiplano Iquique

Localidad	Zonas de secano		Zona de riego	
	Año normal (kg/há)	Año c/sequía (kg/há)	Año normal (kg/há)	Año c/sequía (kg/há)
Enquelga	280 - 320	0 - 45	290	40
Colchane	450 - 370	0 - 20	960	46
Mauque	450 - 550	280 - 370	-	-
Citani	140	25	460	320

c) Efectos en el ciclo hidrológico: Es conocido el frágil equilibrio del sistema suelo-agua-planta en los ecosistemas de altura (Rodríguez, 1984). El escaso desarrollo vegetacional unido a la extracción de la vegetación por el hombre, como ya ha sido comentado para el caso de la Llaretta (*Azorella compacta*), la Queñoa (*Polylepis tomentella*, *Polylepis tarapacana*) y la intervención en los bofedales han acentuado la alteración del ciclo hidrológico aumentando la velocidad de éste. Producto de la degradación específica de los ecosistemas de altura los suelos reducen su capacidad de infiltración y almacenamiento, lo que conlleva a un aumento notable de la escorrentía superficial y de las pérdidas de agua por evaporación. Como consecuencia de una reducción en los tiempos de concentración, en la eventualidad de aguaceros de alta intensidad, se provoca grandes crecidas

de los ríos, que unidos a un aumento de sus capacidades de arrastre desencadenan una serie de procesos torrenciales y de erosión regresiva y lateral.

Para comprender este fenómeno se analizó el caso de la crecida del río Tarapacá en la localidad de Mocha (Precordillera de Iquique). Para ello se contaba con registros meteorológicos e hidrograma de crecida (Klohn, 1972) y simulaciones de escorrentías y caudales que se hubieren producido en el supuesto que el área receptora de la cuenca no hubiese estado sometida a procesos de desertificación (Mintegui, 1984; Fernández-Martos, 1984). De la Figura 2, que muestra los resultados de ambas simulaciones, se desprende que el caudal punta se ha incrementado en alrededor de un 25% por efectos de la desertificación en la alteración del ciclo hidrológico y una disminución del tiempo de escorrentía.

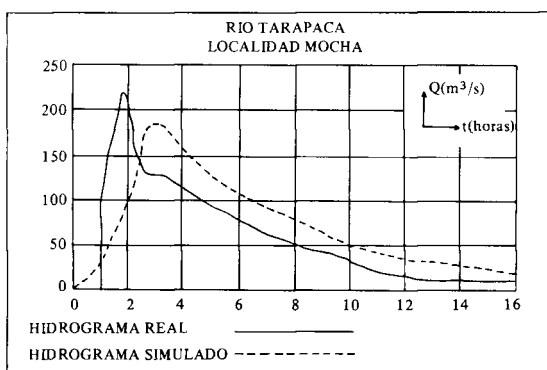


Fig. 2: Hidrogramas Río Tarapacá en Mocha.

Son vastamente conocidos los efectos de la alteración del ciclo hidrológico y de las crecidas en la zona de altura. Basta citar que progresivamente se pierden tierras de cultivos por efectos de socavamiento de riberas en los valles agrícolas. Quizás el caso más ilustrativo es la destrucción casi completa del pueblo de Tignamar, en la Precordillera de la provincia de Parinacota, hoy situado en otro lugar, donde fue construido por los mismos pobladores.

Evidentemente, todos los efectos que causa la desertificación repercuten ampliamente en el campo económico y social en que se desenvuelven las poblaciones humanas que habitan en la altura. Aunque estos últimos efectos no son del caso analizar en este artículo, sería altamente relevante que se estudiaran por otras disciplinas en que los trabajos de orden técnico tengan como objetivo aumentar la calidad de vida de esta población.

IV LAS TECNICAS DE CONTROL DE LA DESERTIFICACION

La desertificación constituye en sí un fenómeno peligroso para las zonas de altura, así como para cualquier zona árida o semiárida. Disminución en la productividad de los suelos, pérdidas irreversibles de recursos naturales y otros, son también daños económicos que tarde o temprano pagará toda la sociedad. Constituye, por lo tanto, un compromiso técnico ineludible el desa-

rollo de las técnicas que contribuyan a la lucha contra la desertificación y a detener el avance progresivo de la degradación de las tierras.

La Corporación Nacional Forestal ha impulsado diversas experiencias tecnológicas para el control de la desertificación, las cuales se esbozan a continuación:

a) Control de cárcavas y torrenteras: Las cárcavas se corrigen por medio de obras transversales que consisten en pequeños diques construidos de piedra en seco, mampostería gavionada, manpostería hidráulica o madera. El objeto de ellas es elevar el perfil y lograr una pendiente que imposibilite parcial o totalmente el deslizamiento de materiales. Una vez estabilizados los depósitos se puede recurrir a la siembra o plantación de especies arbustivas, tanto nativas como exóticas.

Estos trabajos deben complementarse mediante el tratamiento a las laderas, para disminuir las escorrentías y aumentar la capacidad de infiltración de éstas. Esto se consigue mediante la construcción de zanjas de infiltración perpendiculares a la pendiente. La remoción del suelo y su correcta depositación modificarán la estructura del suelo, aumentando la capacidad de campo de éstos. Una vez preparadas las zanjas de infiltración, se procede a la plantación de especies arbustivas nativas o exóticas.

b) Control de torrentes: Esta técnica se utiliza para prevenir problemas de inundaciones o de socavamiento de riberas, que afectan terrenos agrícolas de alta productividad. Consiste en el emplazamiento de diques transversales, los cuales modifican la inclinación del torrente hasta conseguir una pendiente de equilibrio. Conseguida esta pendiente, los materiales de arrastre son inmovilizados y consolidados.

Estos trabajos deben complementarse con obras longitudinales o diversas obras rústicas que eviten la erosión de riberas, tales como diques longitudinales o espigones.

c) Plantaciones forestales con fines energéticos: Es evidente que los combustibles convencionales son difíciles de aceptar por las comunidades rurales que habitan las zonas de altura. Tradicionalmente, la fitomasa, y en particular su fracción lignificada, ha sido la solución al problema energético, aunque su uso indiscriminado es causante de desertificación. No obstante, la biomasa es un recurso renovable, que puede ser creado o manejado, utilizado y conservado en el tiempo.

Para utilizar la biomasa de especies nativas se requiere de planes de investigación y estudios, que a veces son costosos y largos en el tiempo, aunque es ineludible enfrentarlos. Por ello, se han identificado especies exóticas que se adaptan a las condiciones edafoclimáticas de la altura y que tengan un desarrollo que permita rápida utilización por parte de la población. Algunas especies que cumplen con este objetivo son las del género *Eucalyptus*. En particular, para *Eucalyptus globulus* se ha fomentado la creación de pequeños bosquetes de 5 a 10 há. en poblados precordilleranos, de tal modo que las poblaciones recurran, en el mediano plazo, a estas masas como fuente de combustibles. Sin embargo, será necesario estudiar el rendimiento, crecimiento, condiciones de sitio y otros antecedentes que permitan establecer sistemas silvícolas y de manejo apropiado para su uso energético.

d) Manejo y recuperación de estepas xerófitas: Como ya ha sido referido, estos ecosistemas se han ido lentamente deteriorando a través de la desaparición de especies de alta palatabilidad, aparición de fenómenos erosivos y una tendencia a la disminución de la productividad.

Se visualizan dos estrategias, para lograr experimentalmente rehabilitar áreas de secano:

— La exclusión, con el fin de evaluar la tasa de recuperación de la vegetación nativa, una vez eliminados los agentes degradadores. Una variación de esta

alternativa sería complementar la técnica con siembra directa de especies nativas.

Experimentalmente, la exclusión ha permitido elevar la productividad biológica de 800 kg/há. de materia seca total del ecosistema a 1.200 kg/há. en cinco años, en áreas cercanas a la localidad de Tignamar en Precordillera, en donde, además, las especies de *Atriplex nummularia* y *Cassia tarapacana* han demostrado buena respuesta de la repoblación artificial.

— Estudiar la respuesta de este tipo de ecosistemas a la repoblación artificial. Esto puede implementarse con la plantación de arbustos, nativos o exóticos, que simulan el ecosistema natural. Las especies a utilizar deberían ser de algún valor económico que contribuyan a mejorar el ingreso de las comunidades, ya sea mediante el forraje, leña o madera para diversos usos.

e) Manejo y recuperación de estepas húmedas: La utilización principal de los bofedales consiste en la producción ganadera. Por ello, el objetivo de manejo es mantenerlas en su condición de mayor productividad de tejido vegetal canalizable para el hombre (Troncoso, 1982). Esto se puede lograr mediante el manejo de la carga animal e intensidad de uso de la pradera, con lo cual es posible inducir cambios en la composición botánica y cobertura de aquellas comunidades de mayor interés para la ganadería. Por lo tanto, estos cambios deben tender a aumentar la participación de especies tales como: *Deyeuxia crysantha*, *Werneria sphaulata*, *Werneria pinnatifida* y *Agrostis* sp., disminuyendo la participación del resto.

Para implementar este objetivo técnico es necesario desarrollar las siguientes técnicas:

— Experimentación del pastoreo rotativo, mediante rezagos de la pradera y mejorar la organización del uso de éstas, evitando el uso continuo del bofedal, trasladando periódicamente el ganado a las praderas de secano.

- Disminuir la carga animal, puesto que el estado actual de la ganadería es muy deficiente debido al sobretalajeo.
- Mejorar la calidad de la masa ganadera, aumentando la productividad por animal. Entre las diversas técnicas destacan: la selección genética, mejorar la fertilidad de la masa, separación de machos y cruce dirigida, selección del color de la fibra (lana y pelo) e introducción de prácticas de manejo sanitario.

f) Conservación y manejo de la fauna silvestre: La fauna silvestre de las zonas de altura es de alta variedad de especies. El alto valor económico de algunas especies las llevó al borde de la extinción por caza indiscriminada. Por ello, la Corporación Nacional Forestal ha realizado numerosos esfuerzos que han permitido su rápida recuperación. En este sentido, cabe destacar la notable recuperación de la vicuña (*Vicugna vicugna*), que de 1.000 animales existentes aproximadamente en el año 1970, se observó para 1985 una población aproximada de 16.000 (Torres, 1980). Otras de franca recuperación son el guanaco (*Lama guanicoe*); taruca (*Hippocamelus antisensis*); ñandú (*Pterocnemia pennata*), flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*); parina grande (*Phoenicoparrus andinus*); parina chica (*Phoenicoparrus jamesi*).

La fauna silvestre, manejada con criterio racional, puede prestar diversos beneficios a los habitantes de la altura. Con adecuados métodos de saca, pueden constituirse en una valiosa fuente de proteínas; las pieles, lana y otros productos que se cotizan en diversos mercados a buen precio pueden proporcionar beneficios económicos; y, además, es posible utilizar muchas especies de fauna como atractivo turístico, por lo que una explotación adecuada de esta actividad también puede mejorar los ingresos de las comunidades rurales.

g) Agricultura conservacionista: Independientemente de las técnicas agrícolas, que pueden ser aplicadas para mejorar la productividad agraria, las actividades relacionadas con la plantación de árbo-

les pueden prestar un apoyo preponderante a la producción agrícola.

En este sentido, son altamente útiles los esfuerzos tendientes a dar al uso de la tierra un enfoque más integral mediante el desarrollo, manejo y utilización de los diversos tipos de vegetación, y demás recursos naturales que son propios de la región de altura. Al respecto, pueden ser viables las medidas técnicas que a continuación se indican:

- Plantación intercalada de árboles y utilización de especies que favorezcan la fijación de nitrógeno, puede proteger los cultivos de las bajas temperaturas ambientales y ayudar a reconstituir y enriquecer los suelos de uso agrícola. Si se combinan especies forestales con árboles frutales, se puede diversificar la producción de los ecosistemas y se contribuiría al equilibrio agrícola y biológico.

- La plantación de cortinas cortavientos puede contribuir al aumento de los rendimientos de los cultivos (Costin, 1978), así como a la producción de madera, forraje u otros usos.

h) Conservación de recursos genéticos: Constituye un imperativo técnico y científico conservar los recursos genéticos de especies de la flora y fauna local, cuya especial adaptación a los ambientes de altura las hace particularmente atractivas. Por ello, es posible efectuar trabajos técnicos serios y profundos para la conservación de los recursos genéticos de ecosistemas de altura.

CONCLUSION

En conclusión, es pertinente señalar que en general se ha concebido a los productos no madereros de la vegetación forestal como marginales. Sin embargo, en las zonas áridas o semiáridas, acentuadas por la altitud a la que se localizan los ecosistemas que se han analizado y donde las posibilidades de desarrollo de la vegetación son muy limitadas, estos productos juegan un rol importantísimo. Por ello,

además de las ciencias forestales, se requiere el concurso y las experiencias de otras disciplinas, para lograr un desarrollo armónico y sostenido de las comunidades aymaras que habitan la altura y, frenar así, el avance de los procesos de desertificación que afectan hoy en día a los ambientes de altura.

REFERENCIAS

- BEN SALEM, B. (1982) Bosques en mar de arena. In: UNASYLVA. Roma, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo, pp. 8-12.
- BEN SALEM, B. (1984) Le Processus de Desertification: Ses causes et ses Effects sur le Developpment Socio-Economique. In: *Seminario FAO-España sobre la Restauración Hidrológico Forestal de Zonas Áridas*. Torremolinos.
- COSTIN, E. (1978) Arid Zone Examples of Shelterbelt Establishment and Management. In: *Conservation in Arid and Semiarid Zones*. Roma, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo, pp. 23-39.
- DE CAROLIS, G. (1982) Descripción del manejo y hábitos alimenticios de alpacas, llamas y ovinos en el bofedal de Parinacota. Arica. Informe de Consultoría a la Corporación Nacional Forestal.
- FERNANDEZ-MARTOS, C. (1984) Influencia de los incendios forestales y las cubiertas vegetales en las avenidas de octubre de 1982 en el tramo inferior del río Jucar. In: *Seminario FAO-España sobre la Restauración Hidrológico-Forestal de Zonas Áridas*. Torremolinos.
- GASTO, J. (1980) Concepto de condición. In: IRENCORFO. *Proposiciones metodológicas para evaluar la vegetación*. Santiago, Centro de Información de Recursos Naturales y Productivo, pp. 140-245.
- GASTO, J. (1973) *Ecología: El hombre y la transformación de la naturaleza*. Santiago, Editorial Universitaria, pp. 573.
- GASTO, J. (1978) Las praderas de la Precordillera y Altiplano del Norte Grande de Chile. Informe a la Fundación Chile. Santiago, Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS (1980) V Censo Nacional Agropecuario. Santiago.
- KLOHN, W. (1972) Hidrografía de las zonas desérticas de Chile. In: *Contribución del Proyecto CHI-35*. Antofagasta, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- LANINO, I. (1977) Antecedentes de las explotaciones ganaderas de Isluga, Altiplano de la provincia de Iquique. Iquique, Universidad del Norte, Centro Isluga Investigaciones Andinas, pp. 148.
- LANINO, I. (1977) Antecedentes de las explotaciones agrícolas en Isluga. Altiplano de la provincia de Iquique, Iquique, Universidad del Norte, Centro Isluga Investigaciones Andinas, pp. 90.
- LE HOUEIROU (1978) Can Desertization Be Halted. In: *Conservation in Arid and Semiarid Zones*. Roma, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo, pp. 1-15.
- LOPEZ, F. (1984) Efectos de la torrencialidad. Madrid. Universidad Politécnica Superior de Ingenieros de Montes, pp. 10.
- MINISTERIO DE TIERRAS Y COLONIZACION (1940) Declara terrenos forestales yaretales. Decreto Supremo N° 152. Diario Oficial de la República de Chile.
- MINTEGUI, J. (1984) Influencia de las coberturas vegetales en la protección del suelo en pequeñas cuencas, tratándose de aguaceros torrenciales. Madrid. Universidad Politécnica, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes.
- RAMOS, M. (1965) Hacia la industrialización de la Quinoa y Cañihue y sus proyecciones. Revista Universidad Técnica del Altiplano N° 3. Puno.
- RODRIGUEZ, R. (1984) Protección de los Valles Agrícolas de la Cuenca del río Tarapacá, contra los efectos del invierno altiplánico. Arica, Corporación Nacional Forestal.
- TORRES, H. (1980) Conservación de la Vicuña en Chile. Arica, Corporación Nacional Forestal. Serie Divulgativa N° 2, pp. 12.
- TRONCOSO, R. (1983) Caracterización ambiental del ecosistema. Bofedal de Parinacota y su relación con la vegetación. Tesis, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, U. de Chile.
- TRONCOSO, R. (1982) Evaluación de la capacidad de carga del Parque Nacional Lauca. Corporación Nacional Forestal I Región. Informe de Consultoría, pp. 222.